Aus der Chirurgischen Abteilung des Städtischen R.-Virchow-Krankenhauses zu Berlin.
(Direktor: Prof. Dr. Rütz †.)

Beitrag zur Klinik und Behandlung der Pseudarthrose.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Marie-Anna Kloth
aus Pyritz/Pom.

Tag der Promotion: 6. April 1938

VERLAG RUDOLPH PFAU, BERLIN NW. 7, LUISENSTR. 21

M 25

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck

Referent: Prof. Dr. Fick.

Korreferent: Prof. Dr. P. Gohrbandt.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Fraktur gehört zu den alltäglichen Vorkommnissen der ärztlichen Praxis. Die Konsolidationsdauer wird bei glatter Heilung in einer großen Anzahl wissenschaftlicher Abhandlungen angegeben und zeigt Zeitschwankungen bis zu mehreren Wochen; doch halten sich im allgemeinen die verschiedenen Angaben in gewissen Grenzen. Nicht immer aber heilen die Knochenfragmente in der üblichen Zeit fest aneinander, und die verzögerte Frakturheilung bzw. die Pseudarthrosenbildung ist seit altersher eine Sorge der Chirurgen gewesen.

Um die Entwicklung der Pseudarthrose zu verstehen, ist es notwendig, zunächst auf die Vorgänge bei der Knochenbruchheilung einzugehen. Aus dem großen Gebiet der Knochenregeneration interessiert uns für das Pseudarthrosenproblem besonders die Frage nach der Wertigkeit des periostalen und endostalen Callus und die Weiterdifferenzierung des Callus. Im allgemeinen heilt eine sachgemäß behandelte Fraktur knöchern aus. Die Heilung beruht auf der Bildung von Callus. Die Bedeutung des periostalen und endostalen Callus für die Knochenregeneration ist viel umstritten worden.

Bier und seine Schüler vertreter die Ansicht, daß der Markcallus die Hauptaufgabe bei der Regeneration zu leisten hat. Bier glaubt an hormonale Reize, die vom Knochenmark ausgehen und die Bruchheilung wesentlich beeinflussen. Lexer dagegen betont die Fähigkeit des Periostes, Knochen neu zu bilden, und lehnt hormonartige und die von Brun angegebenen osteotropen Reize ab. Untersuchungen von Rhode, Wehner und Koch bestätigen die vorwiegende Bedeutung der periostalen Callusbildung. Lexer hält die Knochenbruchhyperämie für eine Vorbedingung zur Callusbildung. Diese Hyperämie kommt zustande durch Periostzerreißungen und durch Gefäßneubildungen, die zuerst vom Periost ausgehen, weil das Periost fast immer mit den Weichteilen in Berührung bleibt. Die Bruchhyperämie hat die Aufgabe, einen Kollateralkreislauf herzustellen und für eine gute Ernährung des verletzten Gebietes zu sorgen. Eine regelmäßige Wucherung des intraossalen und periostalen Gefäßnetzes ist nach Lexer beweisend für die

Wichtigkeit der Hyperämie bei der Knochenbruchheilung. Diese Hyperämie hat in der 4. bis 5. Woche ihren Höhepunkt erreicht und bildet sich mit der Konsolidation zurück. Auch die experimentellen Untersuchungen von Rohde und Partsch zeigen die Bedeutung der Bruchhyperämie. Nach Eden ist eine starke Hyperämie und reger Stoffwechsel unbedingt erforderlich, um Calcium, Phosphorsäure und Kohlensäure zu binden. Daß der Kalk- und Phosphorspiegel im Blute bis zum Höhepunkt der Bruchhyperämie steigt, hat Hoffmeister nachgewiesen. Osman schreibt ebenfalls dem Periost und der Bruchhyperämie den Hauptanteil an der Knochenregeneration zu. Der Markcallus tritt später ein und ist von untergeordneter Bedeutung. Pfab betont vor allem die Wichtigkeit des Zusammenarbeitens von Periost, Corticalis und Mark für das Zustandekommen einer festen Callusmasse. Martin zeigte experimentell, daß die Neubildung des Callus vom Periost und vom Knochenmark ausgeht, wobei der Periostcallus den Markcallus an Masse erheblich übertrifft. Von wesentlicher Bedeutung soll das Verhalten der inneren Periostlammelle, der Cambiumschicht sein. Die Callusbildung wird begünstigt durch abgesprengte Splitter, durch die am Periost ansetzenden Muskeln und den mit dem Fett des Knochenmarks vermischten Bluterguß. Zusammenfassend ist also zu sagen, daß das Periost die Hauptrolle bei der Vereinigung der Knochen spielt und das Knochenmark in bedeutend geringerem Maße dazu beiträgt. Lauche hat auf Grund seiner Untersuchungen die Frage der Callusbildung dahin entschieden, daß sowohl das Periost als auch das Mark, der Inhalt der Haverschen Kanälchen und schließlich in besonderen Fällen auch das Bindegewebe der weiteren Umgebung des Bruches Callus bilden kann.

Die Heilungsdauer ist abhängig von der Bruchart, vom Ort des Bruches und der Art der Verletzung. Splitter-, Schräg- und Spiralbrüche zeigen eine bessere Neigung zur Konsolidation als Querbrüche, weil bei letzteren die Markhöhle nur wenig eröffnet und das Periost quer abgerissen ist. Sind die Fragmentenden überall von Muskeln umgeben und gut mit Blut versorgt, so heilen selbst Querbrüche relativ schnell. Daß der Ort des Bruches von Bedeutung ist, zeigen Statistiken von Bruns, Hey und Scudder. Sie beweisen, daß Schaftbrüche schneller heilen als Gelenkbrüche oder gelenknahe Brüche. Komplizierte Frakturen zeigen eine langsame Heilungstendenz, weil große Periostschädigungen vorliegen und Infektionserreger vorhanden sein können, die die Konsolidation

verzögern. Auch das Alter und der Allgemeinzustand spielen bei der Heilungsdauer eine Rolle. Es ist bekannt, daß die Knochenbildung um so rascher vor sich geht, je jünger und kräftiger der Verletzte ist. Die Regenerationsfähigkeit des Knochens wird mit zunehmendem Alter geringer.

Die Callusbildung beginnt am 2. Tag mit der Ausdifferenzierung mesenchymaler Zellen in der Umgebung des Bruches. Als Anstoß zur Knochenneubildung wird die Stauung von Nährsubstanzen — Säfte der verschiedenartigen Gewebe in der Umgebung der Bruchstelle — und die entzündliche Reizung des Periosts angenommen. Bereits nach wenigen Tagen ist schon ein bindegewebiger Callus an der Bruchstelle zu finden. Dann folgt die Bildung des provisorischen Callus durch Entstehung von chondroidem und osteoidem Gewebe. Seit Virchow ist bekannt, daß die Ausbildung des Knorpels wechselt. Es ist nicht nötig, daß jeder Callus ein Knorpelstadium durchmacht, der Knorpel kann sogar bei idealer Heilung fehlen. Versuche von Rigal und Vignal zeigen, daß Verschieblichkeit bzw. Bewegung der Bruchenden für die Entstehung des Knorpels von Bedeutung sind. Kapsammer stellte fest, daß die Knorpelbildung um so umfangreicher ist, je größer die Dislokation bzw. Verschiebung der Bruchenden ist. In jedem Fall bedeutet das Auftreten von Knorpel eine Verzögerung der Callusbildung. Die Dauer der Callusbildung beträgt ungefähr drei bis fünf Monate. Bei richtig stehenden Bruchenden umgibt eine spindelförmige Callusmasse die beiden Bruchenden, während bei gegeneinander verschobenen Bruchenden eine erheblich größere Callusmasse vorhanden ist. Wehner zeigte, daß die Größe der Dislokation in direktem Verhältnis zur Ausdehnung der Callusbildung steht. Die Größe des Callus läßt aber nicht auf seine Güte schließen. Ein kleiner rasch ossifizierender Callus ist prognostisch günstig für die Bruchheilung. Die Entwicklung von Callusmasse nimmt mit der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Bruchstelle ab.

Nicht immer heilen die Bruchenden in der üblichen Zeit fest aneinander. Wie schon oben erwähnt, ist die Callusbildung verzögert, wenn reichlicher Knorpel zwischen den Bruchenden auftritt. Auch alte Blutergüsse und zertrümmertes Gewebe im Bruchspalt verzögern die Heilung (Bruns, Lexer, Hildebrand). Bürkle de la Camp zeigte an Hand von Versuchen, daß die Art der Periosteinrisse und die Lage der erhaltenen unversehrten Periostteile für die Heilung von Bedeutung ist. Er stellte fest, daß

ein Bruch langsam und schlecht heilt, wenn das Periost weit von den Bruchrändern abgeschoben ist und die Bruchenden einen breiten periostlosen Saum haben. Es kommt also in solchen Fällen leicht zur verzögerten Callusbildung und eventuell zur Pseudarthrose. Ebenso sagt Brun, daß das Ausbleiben des periostalen Callus ein Zeichen der Periostschädigung ist, durch die die Gefahr der Pseudarthrose in greifbarste Nähe rückt. Beck behauptet, daß die Fälle von verzögerter Konsolidation häufiger geworden sind, seitdem man die Drahtextension anwendet. Vorbedingung einer jeden Knochenbruchheilung muß natürlich sein, daß eine gute Stellung der Fragmente erzielt und die Fraktur ruhig gestellt wird. Brandt behauptet, daß zeitweise erfolgende Bewegungen keinen störenden Einfluß haben, er macht nur dauernd abnorme Schädigungen, die die Bruchstellen treffen, für eine verzögerte Callusbildung verantwortlich. Auch Störungen der inneren Sekretion können die Callusbildung beeinflussen. Steinlin stellte fest, daß durch Verlust der Schiddrüse eine Verzögerung der Callusbildung und auch der Callusrückbildung eintritt. Baumann fand in einer Voralpengegend der Schweiz mit endemischer Kropfbildung und Hypofunktion der Schilddrüse allgemein verzögerte Callusbildung. Klose und Matti sahen nach Thymusexstirpation schlechten Heilungsverlauf. Die Diagnose einer verzögerten Callusbildung ist aus der klinischen Untersuchung zu stellen. Nach Marx kann auch die Blutkörperchensenkungsreaktion verwertet werden. Marx kam zu dem Ergebnis, daß die Senkung, die bei Knochenbrüchen beschleunigt ist, wieder Normalwerte erreicht, wenn der Bruch klinisch geheilt ist. Die Senkung soll bei verzögerter Callusbildung erhöht bleiben.

Die Frage der verzögerten Callusbildung bezw. Pseudarthrosenbildung ist in ihren Einzelheiten noch immer sehr ungeklärt. Auch verschiedentlich gebrachte Abbildungen sind nicht unbedingt beweisend. Wir besitzen pseudarthrosenähnliche Bilder, bei denen ohne jede andere Behandlung die Fraktur dann plötzlich fest wurde. Daraus geht hervor, daß die verzögerte Konsolidation ein Uebergangsstadium ist. Es kann in diesem Stadium noch zur knöchernen Vereinigung kommen, oder es entwickelt sich eine Pseudarthrose. Eine Pseudarthrose soll man nicht allein aus dem klinischen Befund diagnostizieren. Das Röntgenbild ist unbedingt zur Sicherung der Diagnose erforderlich. Es bietet dem Chirurgen die beste Hilfe, ein Urteil über den Ablauf der Reparation zu geben und die Er-

schöpfung der Raparationsvorgänge zu erkennen. Nach P f a b kann erst von einer Pseudarthrose gesprochen werden, wenn an Stelle der produktiven Veränderungen im Callus regressive Abbauvorgänge getreten sind, wenn sich die Bruchenden abrunden und zwischen ihnen ein allmählich deutlich werdender Spalt entsteht, der bestehen bleibt. Eine Reihe von Autoren haben eine zeitlich festgesetzte Grenze angegeben und behaupten, daß man erst ein Jahr nach nicht erfolgter Heilung von einer Pseudarthrose sprechen könne. Diese Meinung ist wohl nicht anzunehmen, denn eine Pseudarthrose kann bereits nach drei bis vier Monaten fertig entwickelt sein, sie kann sich natürlich auch erst im Laufe eines Jahres entwickeln.

Man unterscheidet gemeine Pseudarthrosen, Defektpseudarthrosen und Neathrosen. Bei der gemeinen Pseudarthrose sind die Fragmentenden nur bindegewebig miteinander verbunden, sie berühren sich bis auf eine schmale spaltförmige Zone, die nach M a t t i einige Millimeter bis zwei Zentimeter breit sein kann. Größere kalkfreie Zwischenzonen gehören in das Gebiet der Defektpseudarthrosen, die eine Folge ausgedehnter Zertrümmerung des Knochens sind und daher besonders nach Schußbrüchen auftreten („Kriegspseudarthrosen"). Im Frieden sind sie nur nach unzweckmäßiger Entsplitterung von Frakturen beobachtet worden. Das callusbildende Material des Splitterbruches ist entfernt worden und damit der Reiz für die Callusbildung (B i e r). Aus jeder Pseudarthrose kann sich eine Neathrose entwickeln. Sie ist charakterisiert durch einen Gelenkspalt, Knorpelüberzug der Gelenkenden und Gelenkflüssigkeit. Die Gelenkenden sind kapselartig umschlossen. Bei gelenknahen Brüchen, die eine Ankylose des Gelenkes zur Folge haben können, stellen die Neathrosen oft einen günstigen Ersatz für das ausgefallene Gelenk dar.

Bei der vollständig entwickelten gemeinen Pseudarthrose sind die Markhöhlen beider Bruchenden knöchern verschlossen, eine kalkfreie, derbe, bindegewebige Brücke ist zwischen die Knochenenden geschaltet. Die Verknöcherung des Callus in der eigentlichen Kittzone ist also ausgeblieben. Es kann aber in nächster Nachbarschaft neues Knochengewebe gebildet werden, woraus sich nach M a t t i der knöcherne Verschluß der Markhöhle und die Sklerosierung der Fragmentenden erklären. Bei der Pseudarthrose ohne größeren Knochendefekt zeigt das obere Ende meist eine kolbige Verdickung oder Verbreiteung. Es bildet sich um den ganzen Um-

fang des zentralen Bruchstückes eine periostale Wucherung. Oft umfaßt das zentrale Bruchende das periphere kelch- oder pfannenförmig. Das periphere Fragment, das meist konisch abgerundet ist, bewegt sich in dieser Pfanne. Es wird durch die umgebenden Weichteile gehalten. Manchmal ist aber auch das periphere Fragment napfförmig, das zentrale kopfförmig. Nach Bier soll das benachbarte Gelenk auf die Form der Pseudarthrose bestimmend wirken. Untersuchungen von R. Fick über die Pfannen-Kopfbildung geben hierüber Aufschluß. Die Pseudarthrose kann alle Gelenkformen nachahmen. Zwischen beiden Bruchenden liegt ein Bruchspalt, dessen Begrenzung im Röntgenbild scharf bis verschwommen wolkig sein kann. Je jünger die Pseudarthrose ist, desto unregelmäßiger ist die Grenze, je älter die Pseudarthrose ist, desto schärfer hebt sich der Bruchspalt heraus. Im Bruchspalt befinden sich bindegewebige Substanz, zuweilen serös-schleimige Flüssigkeit und manchmal auch Bildungen, die den freien Gelenkkörpern ähnlich sind. Diese Bildung von freien Gelenkkörpern ist nach den bisherigen Beobachtungen nur bei einer jahrelang bestehenden Pseudarthrose möglich. Bruns hat mehrere solcher Fälle angegeben. Die Bruchenden zeigen bisweilen Arthrosis deformans-ähnliche Veränderungen.

Bei der Defektpseudarthrose berühren sich die Bruchstücke infolge von Diastase nicht mehr. Jedes Knochenende treibt anfangs seinen Callus, der dann später infolge von Druckmangel wieder schwindet. Die Bruchenden werden atrophisch und spitz, mehrfach gezackt und spießartig. Besonders die Methaphysen und Epiphysen der Röhrenknochen neigen zu hochgradiger Atrophie. Zwischen den spitzausgezogenen Fragmentenden liegt häufig ein drehrunder Narbenstrang (Brun).

Nach Bier kann aus jedem beliebigen Knochenbruch eine Pseudarthrose entstehen, sowohl aus schrägen, als auch aus Quer- und Splitterbrüchen. Brüche an gewissen Stellen der Knochen zeigen aber eine ganz besondere Neigung zur Pseudarthrosenbildung, zum Beispiel Tibia und Ulna an der Grenze vom mittleren zum unteren Drittel, Humerus zwischen proximalem und mittlerem Drittel, der Schenkelhals und das os naviculare der Handwurzel. Diese Anlage der verschiedenen Knochen zur Bildung einer Pseudarthrose ist nach Rehn an den Stellen des Knochen, die frei von Muskelansätzen sind. Die Tibia ist an der vorderen und medialen Seite nicht von Muskeln bedeckt. Eine Pseudarthrose, die sich an dieser Stelle

gern entwickelt, ist auch oft sehr hartnäckig und schwer zu beeinflussen. Man beobachtet sie besonders bei Kindern und bezeichnet sie auch als „congenitale" Pseudarthrose. Als Ursache dieser congenitalen Pseudarthrose wird eine in den ersten Embryonalmonaten einsetzende mechanische Schädigung der Tibia durch Druck angenommen. Nach Jüngling sind alle im Kindesalter auftretenden Pseudarthrosen als congenital aufzufassen. Sie weisen auf intrauterin geheilte Frakturen hin. An derselben Stelle trifft man auch am häufigsten die operative Pseudarthrose an. Guéretin und Riedinger haben darauf hingewiesen, daß Knochenstellen mit schlechter Blutversorgung eher zur Pseudarthrosenbildung neigen. Auch Dax macht darauf aufmerksam, daß besonders Frakturen an den Stellen des Knochens, die dem Blutstrom der Arteria nutritia entgegengesetzt liegen, pseudarthrotisch werden. So kommt es gewöhnlich bei rein intraarticulären Brüchen (Schenkelhals und Os naviculare) zur Bildung eines falschen Gelenkes, da sie schlecht mit Blut versorgt werden und außerdem keinen Periost- und Muskelüberzug besitzen. Da die Callusbildung in der Hauptsache so vor sich geht, daß die neuen Gefäße von den spongiösen Markräumen des einen Bruchstückes zum anderen hinüberwachsen, ist es wohl erklärlich, daß gerade Knochenstellen mit schlechter Blutversorgung zur Pseudarthrosenbildung disponiert sind. In der letzten Zeit hat sich Pauwels besonders mit der Fraktur des Schenkelhalses beschäftigt und beweist, daß die so häufig entstehende Pseudarthrose des Schenkelhalses auf eine fehlerhafte funktionelle Beanspruchung der Bruchstelle zurückzuführen ist. Nach Matti neigen Querbrüche im Bereich der Diaphysenschäfte deshalb zur Pseudarthrosenbildung, weil hier zwei schmale, ringförmige, gefäßarme Frakturflächen gegenüber stehen, die keine große Regenerationskraft besitzen. Sicher spielt aber auch der Ansatz verschiedener Muskelgruppen, wie es am Humerus und am Femur deutlich hervortritt, eine entscheidende Rolle. Hier können zwei in ihrer Wirkung verschiedene Muskelkräfte auf die Fragmente einwirken und zur Entstehung einer Pseudarthrose beitragen. Bei Abbrüchen des Griffelfortsatzes der Ulna legt sich der Diskus häufig zwischen die Bruchstücke. Deshalb entsteht auch hier oft eine Pseudarthrose. Daß Tibia und Radius größere Neigung zur Pseudarthrosenbildung zeigen als Fibula und Ulna, ist seit langem bekannt. Man kann es wohl auf ihre stärkere Beanspruchung zurückführen. Die besonders hartnäckige Pseudarthrosenbildung an doppelknochigen Extremitäten

ist durch ihre gegenseitige Störung zu erklären. Die beiden Parallelknochen ergänzen sich in ihrer Funktion. Am Unterarm sind es vor allem die Rotationen, die sich ungünstig an den Bruchenden auswirken (Lexer).

Die funktionellen Störungen bei der Pseudarthrose sind je nach dem Sitz verschieden. Am Humerus bedeutet ein falsches Gelenk Aufhebung der groben Kraft und Einschränkung der freien Bewegung. Die funktionelle Störung des Vorderarms und der Hand ist bei der Pseudarthrose der Ulna bedeutend geringer als bei einer Pseudarthrose des Radius. Am Bein bedeutet eine Pseudarthrose das Aufhören der Belastungsfähigkeit. Besteht die Pseudarthrose am Femurschaft, so kann man ein größeres Sicherheitsgefühl und eine mäßige Belastungsfähigkeit durch Anlegung eines Schienenhülsenapparates herbeiführen. Die Pseudarthrose zeigt oft Ankylosierung im Hüftgelenk. Bei einer Pseudarthrose der Tibia, die häufiger vorkommt als die der Fibula, kann man an der Fibula deutliche Dickenzunahme feststellen. Sie kann unter der Last einknicken. Die Funktionsbehinderung ist auch relativ groß, es treten schon nach den geringsten Anstrengungen Schmerzen und Schwellung auf. Eine Pseudarthrose des Unterkiefers bedeutet hochgradige Einschränkung der Kaufunktion. Sie wurde früher häufiger beobachtet, als man die Unterkieferfragmente durch Knochennaht vereinigte. Seitdem man die Heilung durch genügend lange Ruhigstellung erzielt, sind die Unterkieferpseudarthrosen selten geworden.

Nach von Bruns kommt auf 200 bis 250 Frakturen eine Pseudarthrose. Das Ausbleiben der knöchernen Verheilung findet sich nach von Bruns in 1½%, nach Scudder in 2—3%, nach Hey-Groves in 4—5%. Ferner löst eine Statistik von von Bruns, die aus der Vorkriegszeit stammt, die Frage, welcher Knochen am häufigsten pseudarthrotisch wird. Von allen untersuchten Fällen fallen 33,1% auf den Humerus. Eine Arbeit von Jüngling über Pseudarthrosen im Kindesalter zeigt die hohe Frequenzziffer von 76% beim Kind gegenüber 30% beim Erwachsenen. Er nimmt als Ursache intrauterine Schädigung des Knochens an. Es schützt also kein Alter vor Pseudarthrosenbildung. Daß das falsche Gelenk öfter bei Männern als bei Frauen zu finden ist, dürfte wohl dadurch erklärt sein, daß Männer bedeutend häufiger der Gefahr ausgesetzt sind, sich eine Fraktur zuzuziehen.

Die Frage nach den allgemeinen Ursachen für die Entstehung der Pseudarthrose ist ziemlich beantwortet. Daß allgemeine Er-

krankungen wie Inanationszustände, Tuberkulose, Lues, seniler Marasmus, allgemeine Kachexie infolge von Infektionskrankheiten und malignen Tumoren die Bildung einer Pseudarthrose begünstigen, ist leicht einzusehen. Nach Osman haben alle Krankheiten, die zu pathologischen Veränderungen am Knochensystem mit abnormer Knochenbrüchigkeit führen, sowie Krankheiten des Zentralnervensystems auch oft verzögerte Konsolidation zur Folge. Daher führen Frakturen bei gleichzeitigem Bestehen von Tabes, Paralyse, Syringomyelie, Osteomalacie und Rachitis häufig zur Verzögerung der Callusbildung. Eine weitere Ursache können Diabetes und eine zur Zeit der Frakturheilung bestehende oder hinzugekommene Schwangerschaft sein. Ferner können örtliche Erkrankungen wie Weichteilphlegmonen, Wundrose, schwere Eiterungen und das zirkulationshemmende chronische Oedem die Pseudarthrosenbildung begünstigen. Neuere Arbeiten beschäftigen sich mit dem Einfluß der Hormone und des Vitamingehaltes der Nahrung auf die Frakturheilung. Da die innersekretorischen Drüsen das Knochenwachstum beeinflussen, ist wohl anzunehmen, daß Störungen der inneren Funktion, insbesondere der Thyreoidea, Parathyreoidea, Thymus, Hypophyse, vielleicht auch Epiphyse und Nebennieren zur Pseudarthrosenbildung beitragen. Experimentell ließ sich der Beweis für diese Zusammenhänge erbringen, ebenso hat man auch Beeinflussung der Frakturheilung durch Störungen im Calcium- und Phosphatsstoffwechsel bewiesen. Bei normaler Frakturheilung besteht eine Hypercalcaemie solange, bis die Umwandlung des osteoiden Callus in Knochengewebe erfolgt ist. Bei verzögerter Callusbildung bleibt die Hypercalcaemie, die man auch im Harn nachweisen kann, länger bestehen. Ferner entsteht eine Pseudarthrose häufig nach Infektion einer Fraktur. Es ist also wichtig, bei der akuten Frakturosteomyelitis rechtzeitig für Eiterabfluß zu sorgen, um so die Bildung einer Pseudarthrose nach Möglichkeit zu verhüten.

Da sich die Pseudarthrosen auch bei kräftigen jungen Menschen entwickeln, muß man weit größeren Wert auf die Gründe lokaler Natur, als auf die Ursachen allgemeiner Natur legen, die zur Pseudarthrose führen können. Böhler betont, daß Pseudarthrosen zum allergrößten Teil Behandlungfolgen sind. Er legt also größeren Wert auf die mechanischen, als auf die chemisch-biologischen Ursachen. Nach seiner Meinung sind mangelhafte Berührung der Bruchenden, die auf schlechte Stellung der Bruchstücke oder auf zu starke Extension zurückzuführen sind, ein Anlaß zur

Pseudarthrosenbildung. Auch Brun, Magnus und Guleke betonen immer wieder den Einfluß einer unzweckmäßigen Behandlung durch zu große Belastung bei der Extension und durch ungenügende Fixierung. Einen weiteren wichtigen Grund sieht Böhler in zu kurz dauernder oder wiederholt unterbrochener Ruhigstellung, während Bier sagt, daß Bewegung keine Pseudarthrosen hervorruft. Gegen diese Annahme sprechen Versuche von Rigal und Vignal, die durch tägliche Bewegung der Fragmentenden eine Pseudarthrose erzielten. Auch Ollier und Breschet ist es gelungen, durch dauernde Bewegung die Konsolidation zu verhindern. Ausgiebige Entsplitterung bzw. frühzeitige Operation halten Böhler und Brun ebenfalls für sehr unzweckmäßig. Die operative Entfernung des callusbildenden Materials, wie zum Beispiel der Knochensplitter und des Blutergusses haben eine Verzögerung der Konsolidation und eventuell die Bildung eines falschen Gelenkes zur Folge. Zu früh erfolgte Osteosynthese mit operativer Versenkung von Fremdkörpern wird immer wieder als Ursache angeführt und ist durch experimentelle Untersuchungen, die einen schädigenden Einfluß der meisten Metallverbindungen auf das Keimgewebe feststellten, belegt worden. Zu früh einsetzende Massage und passive Bewegungen, frühzeitiges Aufstehen und Belasten fördern die Bildung einer Pseudarthrose. Durch stetes Aneinanderreiben der Bruchstücke soll die Callusbildung gestört werden. Böhler führt die Zunahme der Pseudarthrosen in den jüngeren Statistiken auf die Behandlungsmethoden zurück. Dagegen hat Campbell 1923 darauf hingewiesen, daß die Zunahme auch durch die schweren Maschinenverletzungen gefördert werde, da bei Brüchen, die durch direkte Gewalteinwirkung entstehen, die Regenerationsfähigkeit meist herabgesetzt ist. Ferner macht man die Hungerjahre 1920—1922 für die Zunahme der Heilungsdauer der Frakturen verantwortlich. Baumann führt die verzögerte Frakturheilung weniger auf die schlechte Ernährung, als vielmehr auf die in manchen Gegenden bestehende Kalkarmut zurück. Er hat mit Gaben von Eisen-, Kalk-, Phosphorpulver eine Beschleunigung der Knochenneubildung beobachtet. Auch Vitaminmangel bzw. Zufuhr beeinflussen die Frakturheilung. Nach neueren Mitteilungen hat man eine Zunahme der Pseudarthrosenbildung bei Mangel oder Fehlen von Vitamin C und D beobachtet, während ausschließliches Fehlen des Vitamin A keinen Einfluß ausübt (Halasz und Marx, Grauer, Roegholt, Israel und Fraenkel).

Die Interposition aller Arten von Gewebe — Periost, Muskel, Sehnen, Bindegewebsmassen, Blutextravasate — als Ursache der Pseudarthrosen hat viele Anhänger gefunden. Bier ist allerdings der Meinung, daß sich Knochenbrüche mit genügender Heilungstendenz nicht durch zwischengelagerte Weichteile stören lassen, und meint, daß die Interpositionspseudarthrose ganz zu Unrecht für häufig erklärt werde. Aus experimentellen Versuchen von Debrunner und Frosch ist festgestellt worden, daß nur gestielte Muskellappen, deren Ernährung gesichert ist, eine Pseudarthrose entstehen lassen, während frei verpflanzte Muskellappen kein Hindernis für die Konsolidation sind. Auch Lexer ist der Ansicht, daß nur gut ernährtes Interpositionsmaterial den Heilungsverlauf stören kann. Bezüglich des Blutergusses gehen die Meinungen weit auseinander. Lexer, Bruns und Hildebrandt machen große Blutextravasate für die Entstehung einer Pseudarthrose verantwortlich, während Bier die Anschauung vertritt, daß Blutergüsse einen guten Nährboden für die Regeneration abgeben. Versuche von Faber und Fuss haben gezeigt, daß der Bluterguß eine calciumbindende Kraft besitzt. Auf keinen Fall kann die Beseitigung des Bruchhaematoms allein ausschlaggebend sein. Die von Schmidt-Göttingen beobachtete erworbene Disposition wird von Bier abgelehnt. Desgleichen ist eine Konstitution und Vererbung als Ursache zu verneinen. Bier hält Störung und Vernichtung des hormonalen Reizes für die Ursache, die zur Pseudarthrose führt. Mehrfache Frakturen an derselben Stelle und komplizierte Frakturen mit Abreißung des Periostes vom Knochenende begünstigen ebenfalls die Entstehung einer Pseudarthrose.

Lexer sieht an einer Veränderung am arteriellen Gefäßsystem die Hauptursache einer verzögerten Konsolidation und Entstehung einer Pseudarthrose. Entsprechend seiner großen Bewertung der Knochenbruchhyperämie, hält er die Schädigung oder das Fehlen der Periosternährung für das wichtigste Moment bei der Pseudarthrosenbildung. Für diese Annahme spricht die mediale Schenkelhalsfraktur, bei der es durch mangelhafte Gefäßernährung leicht zur Pseudarthrosenbildung kommt. Daß man auch die häufige Pseudarthrosenbildung am Os naviculare darauf zurückführen kann, ist zweifelhaft. Böhler's Erfolge bei Kahnbeinbrüchen, die er durch langdauernde Fixierung zur Heilung brachte, sprechen mehr dafür, daß es sich hier wohl in erster Linie um mangelnde Ruhigstellung handelt. Daß auch die ungenügende Ausbildung eines Kol-

lateralkreislaufes nicht ausschlaggebend für die Entstehung der Pseudarthrose ist, kann man daraus schließen, daß eine Entwicklung der Pseudarthrose auch in späteren Stadien der Frakturheilung beobachtet wurde, obwohl ausreichende Bruchhyperämie bestand.

Bei gleichzeitigen Brüchen von Parallelknochen hat man verschiedentlich eine Verzögerung der Konsolidation beobachtet. Auch bei der Fraktur nur eines der beiden Parallelknochen kann der andere den Heilungsverlauf stören, indem er die Berührung der Fragmentenden seines Nachbarknochens verhindert und so eine verzögerte Callusbildung bewirkt, bzw. die Entstehung einer Pseudarthrose begünstigt. Daß eine gegenseitige Beeinflussung der Parallelknochen besteht, geht daraus hervor, daß der gesunde Knochen häufig atrophisch wird. Martin hat diesen Vorgang als „sympathischen Knochenschwund" bezeichnet. Ist die Pseudarthrose eines der beiden Knochen bereits ausgebildet, dann sind am Parallelknochen häufig Auftreibungen zu sehen, die als Verstärkung gedeutet werden.

Bei der Defektpseudarthrose sind die Gründe für eine Pseudarthrosenbildung wesentlich klarer und einfacher. Es hat sich hier nach Sudek ein großer „toter Raum" gebildet, der an die Regenerationskraft des Gewebes so hohe Anforderungen stellt, daß sie meist nicht erfüllt werden können. Es tritt eine Erschöpfung der knochenbildenden Kräfte ein, die eine Pseudarthrose zur Folge haben. Vielleicht liegt auch der Entstehung der gemeinen Pseudarthrose eine zu früh eintretende Erschöpfung zu Grunde. Es ist nicht möglich, die Pseudarthrosenentstehung einseitig auf mechanische Faktoren, auf Zirkulationsstörungen oder auf chemisch-biologische Störungen zurückzuführen. Wahrscheinlich kann jeder dieser Faktoren zur Bildung eines Pseudarthrose beitragen.

Auch für die Frage der Therapie ist es von Wichtigkeit, die Ursache der Entstehung einer Pseudarthrose nach Möglichkeit zu berücksichtigen. Bestehen allgemeine Erkrankungen wie Anaemie, Lues, Tuberkulose etc., so wird man zunächst diese behandeln und dann erst die Pseudarthrose zu heilen versuchen. Ebenso sind Störungen der Drüsen mit innerer Funktion mit Drüsenpräparaten zu beeinflussen, bevor man an die Beseitigung der Pseudarthrose geht. Es wird also in jedem Fall zuerst das Grundleiden einer Therapie unterzogen.

Die Vorschläge zur lokalen Behandlung bei Verzögerung oder völligem Ausbleiben der Konsolidation sind außerordentlich zahl-

reich. Wenn man die Literatur über die Behandlung der Pseudarthrose verfolgt, so kommt man zu der Ueberzeugung, daß es wohl keine Pseudarthrose gibt, die nicht schon das eine oder andere Mal mit Hilfe irgendeiner zur Verfügung stehenden Methode erfolgreich behandelt worden ist, und immer wieder dürfte die jeweils herangezogene Methode als die beste bezeichnet worden sein.

In alter Zeit standen die konservativen Maßnahmen im Vordergrund. Celsus versuchte durch tägliches Reiben der Bruchenden gegeneinander die Knochenneubildung anzuregen, wobei die zwischen ihnen liegenden Bindegewebsschichten zerreißen und die Bruchflächen mechanisch gereizt werden. Einen ähnlichen Reiz hat man durch das sogenannte „Heilgehen" auszuüben versucht. Bei Pseudarthrosen der unteren Extremität wird durch Schienung der Pseudarthrose eine frühzeitige Belastung ermöglicht. Die günstige Wirkung dieses Verfahrens ist immer wieder betont worden. Man kann durch das Heilgehen noch nach mehreren Jahren ein Festwerden von Knochenbrüchen beobachten. Diese Methode wird von Böhler, Bruns und Bier zur Behandlung verzögerter Callusbildung empfohlen. Bruns wendet zur Unterstützung dieser Therapie noch Massage und Röntgenbestrahlung an. Auch in neuester Zeit beschäftigt man sich wieder mit dem Einfluß der Strahlenbehandlung. Während die Diathermiebehandlung günstig beurteilt wird, gehen die Meinungen über die Röntgenbestrahlung auseinander. Kurtzahn empfiehlt sie als Hilfsmittel bei der Behandlung einer Pseudarthrose.

Dumreicher behandelte die Pseudarthrose durch Hängenlassen des betreffenden Gliedes und durch Stauungsverbände. Helferich und später Bier versprachen sich ebenfalls von der Hyperämie im Bruchgebiet einen günstigen Heilerfolg und erzeugten eine künstliche Stauungshyperämie. Oedeme und Varizen bilden eine Contraindikation für diese Anwendung. Thomas und Jones fügten zur Stauung noch das Beklopfen der Bruchstelle mit dem Hammer ein und haben bei verlangsamter Konsolidation einige Erfolge erzielt. Kappis berichtet in neuer Zeit von guten Resultaten bei verzögerter Callusbildung durch Anwendung von Stauung, Ruhigstellung und Belastung. Man hat dann eine Kombination der rein mechanischen Behandlung mit einer physikalischen versucht (heiße Bäder, Heißluft, Diathermie), aber relativ wenig Erfolge erzielt.

Ferner versuchte man durch Injektion der verschiedensten Mittel die Callusbildung anzuregen (Alkohol, Terpentin, Karbolsäure, Milchsäure, Osmiumsäure, Höllensteinlösung, Chlorzinklösung, Jodtinktur, Leim, eiweißfreier Knochenextrakt, hypertonische Kochsalzlösung). Bier hat zum ersten Mal Blut in die Frakturstelle injiziert. Nach seiner Meinung gibt der Bluterguß den hauptsächlichsten Reiz für die Regeneration ab, er ist außerdem ein guter Nährboden für den jugendlichen Callus. Durch die Blutinjektion versuchte Bier das ursprüngliche Verhältnis an der Frakturstelle wieder herzustellen, um die Regnerationskraft des Gewebes anzuregen. Lexer sieht im Blutgerinnsel nur das Füllmaterial einer Gewebslücke und spricht sich gegen die Blutinjektion aus. Er hält es sogar für richtiger, große Haematome zu punktieren. Bier hat gute Heilungserfolge durch die Blutinjektion bei verzögerter Callusbildung und bei Pseudarthrosen beobachtet. Die Blutinjektion hat sich aber im Laufe der Zeit immer mehr auf die Behandlung der verzögerten Callusbildung beschränkt. Bergel sieht im Fibrin den Bestandteil des Blutes, der die Knochenneubildung fördert und empfiehlt die Fibrininjektion bei verzögerter Callusbildung und bei Pseudarthrosen, deren Spalt nicht größer als 1 cm ist. Bei schon bestehender Interposition von Weichteilen hält er die Injektion für zwecklos.

Nach Eden ist auch Einspritzung von Ossophyt (Natrium-Glykokoll-Phosphat) in die Frakturstelle bei verzögerter Konsolidation von Erfolg. Die Vorbedingung für die Applikation von Ossophyt ist gut erhaltenes Periost, starke Bruchhyperämie und Fehlen von Dislokation der Fragmente und Interposition. Bei ausgebildeter Pseudarthrose ist Ossophyt wirkungslos. Böhler lehnt das Ossophyt wie überhaupt alle chemischen Mittel für die Behandlung von vollständig entwickelten Pseudarthrosen und auch von verzögerter Callusbildung ab. Beck spricht sich ebenfalls gegen Ossophyt aus. Neben dem Ossophyt gehört das Thyroxin zu den heute gebräuchlichsten Mitteln. Von Baetzner ist eine Thyroxintherapie bei verzögerter Callusbildung und bei Pseudarthrosen mit Erfolg angewendet worden. Bei Hypothyreoidismus schlägt Paas vor, stets eine Thyroxinkur zu versuchen. Aber auch bei nicht nachweisbaren Störungen der inneren Sekretion hat man mit Thyroxin günstige Erfolge gesehen (Heller, Baumann, Bonnaccorsi). Auch Vitamin C und D sind zur Förderung der

Knochenbruchheilung empfohlen worden. Einen Erfolg mit diesen Mitteln kann man aber wohl nur bei bestehenden Avitaminosen erzielen.

Alle diese Mittel können wohl eher eine verzögerte Callusbildung unterstützen, als eine Pseudarthrose beeinflussen. Die moderne Auffassung geht dahin, daß die operative Behandlung der sicherste Weg ist, um Pseudarthrosen zu beseitigen. Daß sie ebenfalls Mißerfolge zu verzeichnen hat, ist kein Hindernisgrund, die Pseudarthrosen nicht chirurgisch zu behandeln. Es ist bekannt, daß die sogenannte „angeborene" Pseudarthrose der Tibia häufig mehrfachen Operationen trotzt und ihre Beseitigung auch dem Chirurgen unmöglich ist. Ebenso ist die operative Behandlung einer Pseudarthrose jenseits des 50. Lebensjahres prognostisch ungünstig.

Auch für die operative Behandlung sind zahlreiche Methoden ausgearbeitet worden. Die chirurgische Lokalbehandlung beginnt am Anfang des 19. Jahrhunderts mit der Elektro-, Igni- und Akupunktur. Dieffenbach gab als erster 1846 die Bolzung der Fragmentenden mit Elfenbeinstäbchen an. Nach Freilegen der Bruchenden trieb er Elfenbeinstifte in die Borlöcher ein, um eine Anregung der Callusbildung zu erzielen. Später wurden zur Bolzung Bretternägel, Doppelnägel, Stahlstifte und versilberte Stahlschrauben (Langenbeck) verwendet. Das Bolzen mit metallischen oder anderen Fremdkörpern wie Fischbein und Leichenknochen hat aber geringe Erfolge erzielt und ist heute ganz aus der Therapie verdrängt, da die Erfahrung gelehrt hat, daß versenkte Fremkörper die Callusbildung stören. Man hat festgestellt, daß heteroplastisches Material in Form von Tierknochen zu Eiterungen und Fisteln Anlaß gibt, also als reizender Fremkörper wirkt. Verschiedentlich ist es gelungen, Pseudarthrosen durch Entfernung der versenkten Fremdkörper zur Heilung zu bringen. Auch bei der autoplastischen Transplantation — das heute häufigste operative Verfahren in der Pseudarthrosenbehandlung — ist noch nicht ganz klar, ob durch die Transplantation der Erfolg erzielt wird, oder ob durch die Anfrischung der Bruchenden die Regenerationskraft so angeregt wird, daß eine Heilung der Pseudarthrose eintritt. Denn die Mehrzahl der Forscher vertritt heute die Ansicht, daß das Transplantat in seinem knöchernen Bestandteil abstirbt. Es kommt im Verlauf der Heilung zu einem „schleichenden Ersatz" des Transplantates.

Die Refrakturierung, die neuerdings wieder von Götze empfohlen wird, gehört ebenfalls zu den älteren Methoden der Bruchheilung. Sie soll durch Zerreißung des Zwischengewebes und Anfachung der callusbildenden Entzündung eine Heilung der Pseudarthrose herbeiführen. Das Verfahren ist einfach, aber anscheinend doch nicht so häufig von Erfolg, wie Götze beobachtet hat. Es hat nur wenige Anhänger gefunden. Sein Anwendungsbereich beschränkt sich auf die Fälle von straffer Pseudarthrose.

Bei den heute üblichen Methoden zur operativen Behandlung (Resektion, Aufsplitterungsverfahren und freie autoplastische Spantransplantation) werden immer wieder dieselben Forderungen gestellt, um den Erfolg zu sichern. Zur Beseitigung der Pseudarthrose ist es von wesentlicher Bedeutung, daß die Bruchenden soweit angefrischt werden, bis beide Markhöhlen breit eröffnet sind. Das dazwischen liegende Gewebe ist gründlich zu entfernen. Das Periost ist nach Möglichkeit zu erhalten. Auch gute Weichteilverhältnisse in der Umgebung des Bruches tragen zum Erfolg bei. Das Wesentliche ist eine gute Vorbereitung des Wundbettes und eine genügend lange Ruhigstellung nach der Operation.
Das Anwendungsgebiet der einzelnen Verfahren kann nach den Erfahrungen mit den verschiedenen Methoden abgegrenzt werden. Das Aufsplitterungsverfahren frischt außerordentlich wirksam die Bruchenden an. Durch zahlreiche Meißelschläge in der Längsrichtung des Knochens werden die Knochenenden aufgesplittert, sodaß große Wundflächen von Knochen und Mark entstehen, die für die Callusanregung und Steigerung der Callusbildung sehr günstig sind. Muß der ganze Querschnitt der Diaphyse vollständig aufgesplittert werden, so ist eine zirkuläre Auslösung beider Fragmente notwendig, die nach Matti nicht nur einen technischen Nachteil bietet, sondern auch für den weiteren Verlauf der Heilung nicht belanglos ist. Die erhöhte Gefahr der Infektion und Fettembolie wird von Kirschner abgelehnt. Bauer hat außer der Aufsplitterung der Bruchenden noch aufgesplitterte Knochen transplantiert und gute Erfolge mit seiner „autoplastischen Splitterungsvermehrung" erzielt. Das Aufsplitterungsverfahren, das viele Anhänger gefunden hat (Voelcker, Brandt, Wehner, Stich, Kuhle), kommt vor allem in den Fällen zur Anwendung, in denen eine Verkürzung der betreffenden Extremität vermieden werden muß. Man kann das Aufsplitterungsverfahren also bei Pseudarthrosen einachsiger Gliedabschnitte anwenden, desgleichen

bei Defektpseudarthrosen, die nicht einen so großen Substanzverlust zeigen, daß die Lücke zwischen den Bruchenden nur durch einen Span zu überbrücken ist.

Für die Pseudarthrosen mit großem Defekt stehen die Resektion bezw. die Resektion mit anschließender Spantransplantation zur Auswahl. Die Resektion, die schon 1760 von White eingeführt wurde, ist die beste und Erfolg versprechendste Methode. Sie kann aber nur angewendet werden, wenn eine Verkürzung des betreffenden Gliedes belanglos ist. Bei der Operation wird das Narbengewebe soweit reseziert, daß nur gesundes Gewebe an beiden Bruchenden freiliegt und bei der nachfolgenden Vereinigung breite Berührung der Knochenenden und Markräume erfolgt. Das Periost wird etwas vom Knochen abgehoben, bleibt aber mit den Weichteilen in enger Berührung, damit seine Ernährung gesichert ist. Die Anfrischung der Bruchenden kann quer, schräg, treppenförmig oder gefalzt sein und wird am besten je nach der Lage des Falles entschieden. Auch die unmittelbare Vereinigung der Bruchenden zeigt mannigfache Modifikation. Früher dienten verzinnter Eisen- und Platindraht, hauptsächlich aber Silberdraht zur Vereinigung. In neuerer Zeit werden geflochtener Wiener Draht, ausgeglühter Klaviersaitendraht und rostfreier Stahldraht empfohlen, weil sie zug- und torsionsfester sind. Es hat sich leider immer wieder gezeigt, daß die Knochennaht sich meist im Laufe der Zeit lockert und daher keine ideale Vereinigung der resezierten Bruchenden darstellt. Vielfache Nachahmung hat die Methode von Magnus gefunden, der den rostfreien Draht durch ein Metallröhrchen nach außen leitet und ihn später entfernt.

Da die im Anschluß an eine Resektion ausgeführte autoplastische Spantransplantation auch den Nachteil der Verkürzung beseitigt, ist sie die modernste und häufigste Operation bei Pseudarthrosen mit ausgedehntem Substanzverlust. Die Ausbildung dieser Methode verdanken wir Lexer. Sie ist konkurrenzlos, wo es gilt, einen Defekt zu überbrücken, ohne eine wesentliche Verkürzung herbeizuführen. Die gründliche Exstirpation des Narbengewebes, gute Anfrischung der Bruchenden und sorgfältige Schonung des Periostes ist auch hier wieder die Vorbedingung für den Erfolg. Der Knochenspan wird gewöhnlich der vorderen Tibiakante entnommen. Sie eignet sich am besten, weil hier ein ziemlich starker Span ohne Verlust der Stabilität des Unterschenkels ent-

fernt werden kann. Das Periost und Endost muß an dem Span haften. Der Span darf nicht zu kurz und dünn sein und muß in flächenhafte Berührung mit den angefrischten Bruchenden gebracht werden. Ist der Span nicht lang genug, so können winklige Knickungen auftreten. Möglichst gute Fixation und Ruhigstellung des operierten Gliedes sind anzustreben, da zu frühe funktionelle Inanspruchnahme den Einpflanzungsvorgang beeinträchtigt. Matti wendet gegen diese Methode ein, daß ein intakter Röhrenknochen geschädigt wird, eine Infektion nach dem technisch ziemlich schwierigen Eingriff häufig eintritt und so den Erfolg vereitelt. Er empfiehlt die Spongiosatransplantation und hat mit dieser Methode auch gemeine Pseudarthrosen, die bereits vorher operiert waren, erfolgreich behandelt. Die Spongiosa wird gewöhnlich dem Trochanter major entnommen und direkt zwischen die angefrischten Fragmente gebracht. Es ist besonders auf sorgfältige dichte Ausfüllung der ausgemeißelten Mulde zu achten. Matti legt großen Wert darauf, daß auch das von der Ausmeißelung stammende Material zur Füllung mitverwendet wird. Dies Verfahren hat den Vorteil, daß man die Schädigung eines intakten Röhrenknochens zur Entnahme eines Spans vermeidet. Die Anfrischung der Bruchenden geschieht nicht quer, sondern seitlich unter partieller Resektion der Corticalis bis in den normalen Diaphysenraum. Dadurch wird die Vergrößerung des Defektes zwischen den Bruchenden auf jeden Fall vermieden. Auch die gute Stellung der Bruchstücke wird durch diese Methode nicht gefährdet. Bei großen Defektpseudarthrosen kann die Spongiosatransplantation natürlich nicht mit der Spantransplantation konkurrieren. Als Kombination mit dem Aufsplitterungsverfahren wird sie häufig erwähnt und empfohlen.

Ferner sind noch die Methoden von Reichel, Brun und Albee zu erwähnen. Die Reichelsche Methode besteht in einer Verpflanzung eines Haut-, Periost-, Knochenlappens. Da eine genügende Fixation bei der gestielten Plastik schwer zu erreichen ist, findet sie nur ein beschränktes Anwendungsgebiet. Brun und Albee verzichten auf eine vollkommene Resektion. Brun entfernt die Pseudarthrose nur zur Hälfte und falzt dann ein Knochenstück ein. Albee sägt aus dem einen Fragment eine Knochenspange heraus, schiebt sie in eine Rinne des anderen Fragmentes und erzielt dadurch eine Ueberbrückung des Pseudarthrosenspaltes.

Die Vorgänge bei der Einheilung des Transplantates sind verschiedentlich untersucht und mit Hilfe des Röntgenbildes beob-

achtet worden. Man weiß heute, daß ein Umbau im Transplantat stattfindet und der junge Knochen sich auf Kosten des alten entwickelt. Diesen Vorgang hat Barth als „schleichenden Ersatz" bezeichnet. Lexer und Brun haben selten Pseudarthrosen im Transplantat beobachtet, während Bier häufig die Beobachtung machte, daß im Transplantat genau an der Stelle, wo früher die Pseudarthrose bestand, wieder eine Pseudarthrose auftrat. Er ist gegen die Auffassung, daß diese Pseudarthrose durch ungenügende Fixierung oder ungünstige Einheilungbedingungen entsteht und vertritt die Anschauung, daß es sich um einen krankhaften Reiz an der Stelle der Pseudarthrose handele. Auch bei den anderen operativen Methoden können Recidivpseudarthrosen auftreten. Wir beobachten sie besonders an zweiknochigen Extremitäten, wo der unverletzte Knochen als Sperrknochen dient und eine Federung auf den Parallelknochen ausübt. Man kann diese Recidivpseudarthrose durch Osteotemie des Nachbarknochens zur Ausheilung bringen. Entweder wird der Sperrknochen schräg durchmeißelt oder, wenn der Defekt der Pseudarthrose sehr beträchtlich ist, ein Stück aus ihm reseziert. Manche Autoren nehmen bei einer an einer zweiknochigen Extremität bestehenden Pseudarthrose regelmäßig eine Osteotomie vor, da die Erfahrung gezeigt hat, welche Schädigung der Parallelknochen auf den Heilungsvorgang ausübt. Häufig erfolgte nach Osteotomie des gesunden Knochens eine Heilung der Pseudarthrose, weil jetzt im pseudarthrotischen Knochen eine Druckbeanspruchung eintrat. Um die Bildung von Brückencallus zu vermeiden, kann man die Osteotomie etwas proximal von der Pseudarthrosenstelle vornehmen. Man soll sie aber nicht zu nah an einem Gelenk durchführen, weil hier erfahrungsgemäß schlechtere Heilungstendenz besteht. Daß nach der Osteotomie des Parallelknochens auch an diesem eine Pseudarthrose auftritt, ist ein äußerst seltenes Ereignis. Auch zur Beseitigung statischer Mißverhältnisse ist die Osteotomie in Form der Keilosteotomie nach Pauwels angezeigt. Will man die Osteotomie des Parallelknochens vermeiden, so kann bei gemeinen Pseudarthrosen und bei geringen Defektpseudarthrosen eventuell das Kirschnersche Aufsplitterungsverfahren kombiniert mit der Spongiosatransplantation zur Heilung führen.

Die beste Prophylaxe gegen die Entstehung einer Pseudarthrose ist eine exakte Frakturbehandlung, die auf achsengerechte

Einstellung der Fragmentenden und genügende Ruhigstellung Wert legt. König hat sich besonders für die operative Behandlung der Fraktur eingesetzt. Erfolgt sie unter exakter Indikation, so ist manche Pseudarthrose zu verhüten. Von 1200 Frakturen hat König 120 blutig gestellt und keine Pseudarthrose erlebt. 36 Brüche zeigten bereits Interpositionen. Nach König sollten Interpositionen stets eine Indikation zur Osteosynthese sein. In neuester Zeit hat Beck eine Methode angegeben, die wegen ihrer einfachen Ausführung ein ausgezeichnetes prophylaktisches Mittel darstellt und von verschiedenen Autoren wegen der guten Resultate gelobt und empfohlen wird. Man durchbohrt von mehreren Einstichstellen die Fragmentenden und setzt so einen neuen Reiz für die Callusbildung. Mit dieser Methode kann man durch einen relativ kleinen Eingriff eventuell viel erreichen. Deshalb sollte sie frühzeitig genug angewendet werden, um einer Pseudarthrosenbildung vorzubeugen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die in den letzten 10 Jahren im Rudolf-Virchow-Krankenhaus zu Berlin operierten Pseuarthrosen an. Die Ursachen für die Frakturen und ihre Behandlung vor der Ausbildung einer Pseudarthrose wurden nicht in die Tabelle aufgenommen. In 19 Fällen kam die Fraktur durch Unfall zustande, in einem Fall entstand die Pseudarthrose nach der Operation rachitischer O-Beine (Durchmeißelung der Tibia, Infraktion der Fibula). Da eine konservative Behandlung der Pseudarthrose nicht zur Heilung führte und eine erneute Operation abgelehnt wurde, mußte die Patientin ungeheilt entlassen werden. Die Behandlung der Frakturen vor der Ausbildung der Pseudarthrose bestand je nach Art und Lokalisation des Bruches in Extension, Knochennaht und Anlegung eines Gipses. Trotz sachgemäßer Bruchbehandlung kam es in den 20 aufgeführten Fällen zur Pseudarthrosenausbildung.

In den letzten zehn Jahren sind also 20 Pseudarthrosen operiert worden. Davon entfallen 16 Pseudarthrosen auf Männer, 4 Pseudarthrosen auf Frauen. Dies Verhältnis ist wohl dadurch zu erklären, daß Männer viel häufiger der Gefahr ausgesetzt sind, sich eine Fraktur zuzuziehen. Die Altersgrenze schwankt zwischen 13 Jahren und 51 Jahren. Hieraus ist deutlich zu erkennen, daß eine Pseudarthrose sich unabhängig vom Alter ausbildet. Auch die Aussicht auf Heilung einer Pseudarthrose nach der Operation ist nicht vom Alter abhängig. Ein 19jähriger Mann wurde ungeheilt entlassen, während bei einem 51 Jahre alten Mann die Pseudarthrose nach Anlegung einer Laneschen Schiene heilte! Ferner bestätigt die Statistik, daß Tibia und Radius häufiger frakturieren als Fibula und Ulna. Mit Hilfe von Röntgenaufnahmen konnte frühestens nach zwei Monaten, spätestens nach einem Jahr eine Pseudarthrose festgestellt werden. Daß manchmal das Uebergangsstadium der verzögerten Callusbildung so lange besteht, während sich in anderen Fällen sehr bald eine Pseudarthrose ausbildet, ist erklärlich, wenn man Art und Sitz des Bruches, die Regenerationskraft, die umgebenden Weichteilverhältnisse und die Blutversorgung in den einzelnen Fällen berücksichtigt.

Die Tabelle zeigt, daß nur 7 von 20 operierten Pseudarthrosen geheilt, 13 gebessert bezw. ungeheilt entlassen wurden. Die Hälfte dieser Fälle verließ das Krankenhaus mit einem orthopädischen Stützapparat. Er ist bei einer nicht geheilten Pseudarthrose unentbehrlich, da er dem Patienten die Möglichkeit bietet, die Arbeit wieder aufzunehmen. Das Ziel in der Pseudarthrosenbehandlung muß aber darin bestehen, eine endgültige Heilung durch sachgemäße Behandlung und evtl. wiederholte Operationen herbeizuführen.

Aus der Behandlungstabelle geht hervor, daß man versucht hat, die Pseudarthrose auf verschiedenste Methoden zu beseitigen. Infolgedessen liegen von jedem Verfahren nur einige Fälle vor, sodaß die Beurteilung dadurch sehr erschwert ist. Der Grund für die Anwendung der einzelnen Methoden liegt einerseits an dem häufigen Wechsel der Professoren am Rudolf-Virchow-Krankenhaus, andererseits aber auch an der Entwicklung der Pseudarthrosenbehandlung. Man suchte nach den Ursachen der Mißerfolge und kam so auf Grund von Erfahrungen, chemischen und röntgenologischen Nachweisen dahin, die Pseudarthrosen operativ anzugehen, sie nicht mit körperfremdem Material zu behandeln und sie genügend lange ruhig zu stellen. Da in der Tabelle

die Fälle laufend von 1927 bis 1937 geordnet sind, läßt sich daraus ablesen, daß man in den letzten Jahren von der Bolzung mit körperfremdem Material Abstand genommen hat und zur Autotransplantation übergegangen ist. Von den 8 Pseudarthrosen, die mit Fremdkörpern (Elfenbein, Lanesche Platte, Draht) behandelt wurden, sind zwei Fälle als geheilt entlassen worden. Von den 3 Fällen, die man mit körpereignem Material (Knochenspan) behandelte, konnten 2 geheilt entlassen werden. Dies Ergebnis spricht eindeutig dafür, daß bei einer Autotransplantation eher mit einer Heilung zu rechnen ist als bei der Verwendung von körperfremdem Material. Ferner kann man aus der Tabelle wohl den Schluß ziehen, daß man sich nicht allein auf eine Anfrischung der Fragmentenden beschränken darf. In allen Fällen, in denen man nur eine Anfrischung vorgenommen hat, ist keine Heilung der Pseudarthrose eingetreten. Zwei Fälle sprechen dafür, daß man sogar bei Pseudarthrosen mit Injektion von Horosteon, Eigenblut und Fibrin, verbunden mit genügend langer Ruhigstellung Erfolg haben kann.

Der Erfolg des Aufsplitterungsverfahrens ist nach der Tabelle schwer zu beurteilen. Von den 3 behandelten Fällen ist eine Pseudarthrose geheilt. Da in diesem Fall aber gleichzeitig eine Osteotomie des Parallelknochens vorgenommen wurde, kann man die Heilung nicht allein auf die Aufsplitterung zurückführen.

In letzter Zeit ist häufig das Vorhandensein eines intakten Knochens bei doppelknochigen Extremitäten als Ursache für die Pseudarthrose des Parallelknochens angeführt worden. An dem hier beobachteten Pseudarthrosenmaterial ist nun besonders auffällig, daß unter 20 Pseudarthrosen sich 17 an einem solchen doppelknochigen Extremitätenabschnitt finden, und zwar fallen 9 auf den Unterschenkel, 8 auf den Unterarm. In 11 dieser 17 Fälle waren ursprünglich beide Knochen gebrochen. In 4 Fällen heilte einer der beiden Knochen, wirkte dann also als sogenannter Sperrknochen und verhinderte so die Druckaufnahme in dem nicht geheilten Knochen. In 6 Fällen war nur einer der beiden Knochen gebrochen, sodaß also insgesamt in 10 Fällen von einer Sperrknochenpseudarthrose gesprochen werden kann (Fall: 3, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20). Bei diesen 10 Pseudarthrosen sind 4 Heilungen eingetreten, und zwar im Fall 3 durch Eigenblutinjektion an die Bruchstelle, im Fall 14 und 17 durch Einpflanzung eines Knochenspans und im Fall 20 durch Resektionsosteotomie des Sperrknochens mit gleichzeitiger Aufsplitterung an der Pseudar-

throse. Es erhebt sich daher die Frage, ob nicht in den übrigen 6 Fällen von Sperrpseudarthrose eine Heilung erzielt worden wäre, wenn man die Sperrung des intakten bezw. geheilten Knochens beseitigt hätte, indem man entweder den Sperrknochen selbst verkürzt oder den pseudarthrotischen Knochen durch Spaneinpflanzung verlängert hätte.

Es ergibt sich also in der Zusammenfassung des von mir beobachteten Materials unter Sonderaufstellung der im einzelnen angewandten Methoden folgendes Bild:

I. Aufsplitterung:

(Fall 13, 18, 20.) Geheilt: Fall 20. Eine am Schenkelhals bei einem 29jährigen jungen Mann vorgenommene Aufsplitterung blieb ohne Erfolg (Fall 18). Eine der Ulna isoliert bestehende Pseudarthrose wurde durch Aufsplitterung gebessert (Fall 13). Eine Pseudarthrose der Tibia wurde durch Aufsplitterung gebessert (Fall 13). Eine Pseudarthrose der Tibia wurde durch Aufsplitterung und gleichzeitig vorgenommener Osteotomie der inzwischen geheilten Fibula zur Heilung gebracht (Fall 20).

II. Anfrischung:

(Fall 4, 8, 9, 11, 12, 16.) Geheilt: keine. Zwei am Femur vorgenommene Anfrischungen, davon eine mit gleichzeitiger Fixierung durch Lanesche Platte behandelt (Fall 8), führten nicht zum Erfolg. Zwei am Unterschenkel zusammen mit Drahtnaht vorgenommene Anfrischungen (Fall 4, 9) blieben ebenfalls ungeheilt. (In einem Fall waren Tibia und Fibula, im anderen Fall nur die Tibia pseudarthrotisch.) Eine Anfrischung am Radius mit gleichzeitig angewandter Fixierung durch Lanesche Platte (Fall 11) und eine Anfrischung am Unterschenkel, wo die Fibula nach 3 Monaten geheilt war, die Tibia angefrischt, nach Lane fixiert und gebolzt wurde (Fall 12), führten ebenfalls nicht zur knöchernen Heilung. Hier hätte eine Osteotomie der sperrenden Fibula sicher zum Erfolg geführt.

III. Lanesche Platte:

(Fall 2, 6, 8, 11, 12.) Geheilt: Fall 2, 6. Die beiden Heilungen wurden am Vorderarm erzielt, und zwar waren beide Knochen pseudarthrotisch. Die Verschraubung am Femur (Fall 8) heilte nicht. Auch die isolierte Radiuspseudarthrose (Fall 11) und die

Pseuarthrose am Unterschenkel (Fall 12), wo wiederum die Fibula bereits geheilt war und als Sperrknochen wirkte, konnten nicht zur knöchernen Heilung gebracht werden.

IV. Bolzung mit Elfenbeinstift:

(Fall 1.) Geheilt: keine.

V. Spaneinpflanzung:

(Fall 14, 15, 17.) Geheilt: Fall 14, 17. In einem Fall einer Unterarmpseudarthrose, in dem der Radius vorher fest geworden war (Fall 17), wurde durch Tibiaspaneinpflanzung eine Heilung erzielt. In einem ähnlichen Fall (Fall 15) hatte die Methode bei der Entlassung nach 3 Monaten noch nicht zur Heilung geführt. Ein dritter Fall, in dem die Spaneinpflanzung an einer isolierten Tibiapseudarthrose vorgenommen wurde, konnte geheilt werden (Fall 14).

VI. Injektion an die Bruchstelle:

(Fall 3, 10, 19.) Geheilt: Fall 3, 19. In zwei Fällen wurde Heilung erzielt, und zwar einmal bei einer isolierten Tibiapseudarthrose durch Fibrineinspritzung (Fall 3), das andere Mal durch Eigenblutinjektion bei einer Vorderarmpseudarthrose (Fall 19). Im dritten Fall, Unterschenkelpseudarthrose, konnte trotz gleichzeitiger Verabreichung von Ossophyt, Calcium lacticum und Vitamin mit Eigenblutinjektionen keine Heilung erzielt werden (Fall 10).

VII. Knochennaht:

(Fall 5, 7, 9.) Geheilt: keine. In einem Fall einer doppelten Pseudarthrose des Unterschenkels war nach 5 Monaten keine Heilung eingetreten (Fall 5). In den beiden anderen Fällen waren isolierte Pseudarthrosen vorhanden (Fall 7: Radius, Fall 9: Tibia), von denen die Radiuspseudarthrose nach einem Monat als gebessert, die Tibiapseudarthrose mit gleichzeitiger Anfrischung der Fragmente nach 10 Monaten noch nicht als geheilt entlassen wurden.

Tabellarisch sieht das Behandlungsergebnis bei 20 Pseudarthrosen also folgendermaßen aus:

Lfd. Nr.	Name	Alter	Geschlecht	Sitz der Fraktur	Feststellung der Pseud.	Behandlung	Ergebnis
1.	B. G.	30	w.	Tibia Fibula	nach 3 Monaten	Bolzung mit Elfenbeinstift	mit Celonhülse geb. entlassen nach 2 Mon.
2.	F. P.	51	m.	Radius Ulna	nach 3½ Monaten	Lane'sche Schiene, Gips	geheilt entlassen nach 2½ Monaten
3.	K. P.	48	m.	Tibia	nach 3 Monaten	Fibrineinspritzung in die Frakturstelle, Gips	nach 2 Monaten geheilt entlassen
4	A. F.	40	m.	Tibia Fibula	nach 6 Monaten	Drahtnaht, Drahtentfernung, Anfrischung, Gips	mit Schienenhülsenapparat geb. entlassen nach 6 Monaten
5.	H. S.	24	m.	Tibia Fibula	nach 3 Monaten	Knochenaht, Gips, Vitamine	geb. entlassen nach 5 Monaten
6.	F. K.	22	m.	Ulna Radius	nach 2 Monaten	Lane'sche Schiene, Gips	geheilt entlassen nach 2 Monaten
7.	A. P.	34	m.	Radius	nach 4 Monaten	Drahtnaht	geb. entlassen nach 1 Monat
8.	M. V.	28	w.	Femur	nach 3 Monaten	Anfrischung der Fragmente, Lane'sche Schiene. Entfernung der Lane'-Schiene, Extension, Gips	mit Schienenhülsenapparat entlassen
9.	A. K.	19	m.	Tibia	nach 1 Jahr	Anfrischung der Fragmente, Drahtnaht, Gips, Eigenblut	geb. entlassen nach 10 Monaten
10.	I. G.	23	w.	Tibia Fibula	nach 4 Monaten	Eigenblut, Ossophyt, Calc. lact., Vitamine, Gips	mit Schienenhülsenapparat entlassen nach 4 Monaten
11.	W. K.	43	m.	Radius	nach 6 Monaten	Lane'sche Schiene, Entfernung der Lane'schen Schiene, Gips, Anfrischung der Fragmente	mit Schienenhülsenapparat entlassen nach 8 Monaten

Lfd. Nr.	Name	Alter	Geschlecht	Sitz der Fraktur	Feststellung der Pseud.	Behandlung	Ergebnis
12.	G. S.	29	m.	Tibia Fibula	nach 3 Monaten Fibula geheilt. Pseud. der Tibia	Lane'sche Schiene, Bolzung mit Tibiaspan, Entfernung des nekrot. Knochenspans, Gips	geb. entlassen nach 1 Jahr
13.	E. K.	37	m.	Ulna	nach 3½ Monaten	Aufsplitterung	geb. entlassen nach 2 Monaten
14.	W. B.	20	m.	Tibia	nach 4 Monaten	Ueberpflanzen eines Knochenperiostspans aus der re. Tibia	geheilt entlassen nach 3 Monaten
15.	F. K.	25	m.	Ulna Radius	nach 1 Jahr Radius fest Pseud. der Ulna	Relektion, Implantation eines Tibiaspans	geb. entlassen nach 2 Monaten
16.	H. A.	30	m.	Femur	nach 4 Monaten	Anfrischung der Frag- mente, Gips	mit Schienenhülsenap- parat entlassen nach 8 Monaten
17.	E. L.	37	m.	Radius Ulna	nach 4 Monaten Radius fest Tibia pseud.	Interposition eines Tibiaspans	geheilt entlassen nach 4 Monaten
18.	E. H.	29	m.	Schenkelhalsfraktur	nach 1 Jahr	Aufsplitterung Reposition des Kopfes, Drahtextension	ungeheilt entlassen nach 3 Monaten
19.	G. P.	13	w.	Ulna Radius	nach 3 Monaten	Eigenblut, Horosteon, Gips	geheilt entlassen nach 2 Monaten
20.	F. W.	38	m.	Tibia Fibula	nach 3 Monaten Fibula geheilt. Pseud. der Tibia	Aufsplitterung der Tibiafragmente. Osteo- tomie der Fibula	geheilt entlassen nach 4 Monaten

Ausgeführt wurden 24 Eingriffe, erzielt wurden 7 Heilungen.

Es entfallen:

auf 3	Aufsplitterungen	1 Heilung (diese mit Osteotomie des Sperrknochens
auf 6	Anfrischungen	keine Heilung,
auf 5	Schienungen mit Lane'scher Pl.	2 Heilungen,
auf 1	Bolzung mit Elfenbeinstift	keine Heilung,
auf 3	Spaneinpflanzungen	2 Heilungen,
auf 3	Injektionen an der Bruchstelle	2 Heilungen,
auf 3	Knochennähte	keine Heilung
24	Eingriffe	7 Heilungen.

Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei 3 Kranken nur eine Beobachtungszeit von 2 Monaten vorliegt, die natürlich nicht ausreicht, um über das Schicksal einer Pseudarthrose ein endgültiges Urteil abzugeben. In den Fällen 1, 7 und 13 ist daher über das Endergebnis der Behandlung kein sicherer Schluß zu ziehen. Leider waren diese 3 Kranken einer Nachuntersuchung nicht zugänglich.

Herrn Prof. Dr. Fick danke ich dafür, daß er mir freundlicherweise Anregungen gegeben und das Referat dieser Arbeit anstelle von Herrn Prof. Dr. Rütz übernommen hat.

Schrifttum.

Albee: Knochentransplantation bei Behandlungen von Pseudarthrosen. Münch. med. Wschr. 1914. S. 1302.

Barth: Ueber Osteoplastik. Arch. f. klin. Chir. Bd. 86, S. 859.

Baetzner: Vorläufige Mitteilung. Zbl. f. Chir. 1930. S. 2906.

Bauer: Erfahrungen mit dem Kirschner'schen Aufsplitterungsverfahren bei Pseudarthrosen. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.

— Zur Aufsplitterung der Pseudarthrosen. Dtsch. Chir. Kongreß 1931.

Baumann: Die Anregung der Knochenneubildung durch Schilddrüsenpräparate. Zbl. f. Chir. 1931. S. 655.

Beck: Zur Behandlung der verzögerten Konsolidation bei Unterschenkelbrüchen. Zbl. f. Chir. 1929. S. 2690.

— Die Behandlung der Pseudarthrose mit Knochenbohrung. Zbl. f. Chir. 1931. S. 2802.

Bergel: Die Behandlung der verzögerten Callusbildung und der Pseudarthrose mit Fibrininjektion. Med. Klin. 1915. S. 1413.

— Weitere Erfahrungen über die Behandlung der verzögerten Callusbildung und von Pseudarthrosen mit subperiostaler Fibrininjektion. Münch. med. Wschr. 1917. Nr. 39.

Bergmann: Callusbildung und innersekretorische Einflüsse. Dtsch. Zeitsch. f. Chir. 1931. S. 302.

— Zur Frage der endostalen Callusbildung. Arch. f. klin. Chir. Bd. 129, S. 490.

— Ueber Pseudarthrosen. Dtsch. med. Wschr. 1933. S. 699.

Bier: Ueber Knochenregeneration, über Pseudarthrosen und über Knochentransplantate. Arch. f. klin. Chir. 1923. Bd. 127.

— Die Bedeutung des Blutergusses für die Heilung des Knochenbruches. Med. Klin. 1905. 1/2.

— Ueber Pseudarthrosenbildung. Münch. med. Wschr. 1920. S. 8.

Billigheimer: Ueber die Bedeutung des Kalkes im Blut. Klin. Wschr. 1923. Nr. 22/23.

Böhler: Die Ursache der Pseudarthrose und ihre Behandlung. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.

— Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Mandrich, Wien. (1930.)

— Pseudarthrosenbehandlung mit der Beck'schen Bohrung. Zbl. f. Chir. 1930. S. 1654.

Brandes: Erfahrungen zur operativen Behandlung der Schenkelhalspseudarthrose nach Pauwels. Chir. Kongr. 1935.

Brandt: Beitrag zur Pseudarthrosenfrage. Arch. f. klin. Chir. 1932. Bd. 173.

— Zur Pseudarthrosenentstehung und Behandlung. Chir. Kongr. 1933.
Brun: Ueber das Wesen und die Behandlung der Pseudarthrosen. Rascher u. C. Berlag, Zürich 1918.
— Die chirurgische Behandlung der Pseudarthrosen. Zbl. f. Chir. 1917. S. 969.
Bruns: Die Lehre von den Knochenbrüchen. Enke, Stuttgart (1886).
Burckhardt: Ueber das Regenerationsproblem und über chemische Beeinflussung der Knochenregeneration. Bruns' Beiträge zur klin. Chir. 1928. Bd. 144.
Bürkle de la Camp: Ueber das Verhalten der Knochenhaut beim Bruch der Röhrenknochen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1927. Bd. 203'204.
Creite: Die operative Behandlung von Pseudarthrosen und Frakturen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1916. Bd. 101.
Dabasi, György und Marx: Ist die Callusbildung durch Darreichung von C-Vitamin zu beeinflussen? Ref.: Zeitschr. org. Chir. Bd. 57. S. 521.
Dax: Ueber die Beziehungen der Zirkulationstörungen zur Heilung von Frakturen der langen Röhrenknochen mit besonderer Berücksichtigung der arteria nutritia. Bruns Beiträge zur klin. Chir. 1917. Bd. 104.
Dubois: Der Mechanismus der Fraktur des Naviculare und die Pseudarthrosenentstehung. Schweiz. med. Wschr. 1930. S. 1074.
Eden: Ueber Verknöcherung und über die Grundlagen und bisherigen Ergebnisse der Einwirkung von Phosphatlösungen, besonders des Natrium-Glykoll-Phosphates bei verzögerter Frakturheilung. Münch. med. Wschr. 1924. S. 1160.
Erler: Beitrag zur Behandlung von Pseudarthrosen. Zeitschr. f. orthop. Chir. 1932. Bd. 56.
Frosch: Ueber Pseudarthrosen. Zeitschr. f. orthop. Chir. Bd. 44, S. 115.
Fuß und Faber: Zur Bedeutung des Blutergusses bei der Frakturheilung. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Bd. 232, S. 658.
Goetze: Die Behandlung straffer Pseudartrhosen durch Refrakturierung. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.
— Prinzipien der Psaudarthrosenbehandlung. Chir. Kongr. 1930.
Graziano: Zur Pathogenese und Therapie der angeborenen Pseudarthrosen der Tibia und Fibula. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.
Guleke: Ueber Pseudarthrosen. Münch. med. Wschr. 1916. S. 265.
— Die Behandlung der Pseudarthrosen. Bruns Beitr. Bd. 98, S. 661.
von Halasz und Marx: Ist die Callusbildung durch Zuführung von C-Vitamin beeinflußbar? Arch. f. klin. Chir. Bd. 169, S. 121.
Helferich: Ueber künstliche Vermehrung der Knochenneubildung. Arch. f. klin. Chir. 1887. Bd. 36.
Heller: Thyroxin als Mittel zur Förderung der Callusbildung. Zbl. f. Chir. 1931. S. 1578.
Hildebrand: Die Heilung der Knochenbrüche und die Bedeutung des Blutergusses dabei. Med. Klin. 1906. S. 5.
Hock: Ueber Erfahrungen mit Ossophyt nebst einem Beitrag der subkapitalen Schenkelhalsfraktur. Arch. f. klin. Chir. 1925. Bd. 136.

Hoffmeister: Blutkalkspiegel bei Knochenbrüchen und Knochenerkrankungen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1933. Bd. 240.
— Anregung der Frakturheilung durch Einspritzen von Knochenextrakt. Münch. med. Wschr. 1933. S. 1055.
— Behandlung von Kahnbeinbrüchen und Pseudarthrosen. Zbl. f. Chir. 1934. S. 2960.
Hofmann: Die Pseudarthrose und die durch Knochendefekte entstandenen Schlottergelenke. Dtsch. Orthop. 5. 1921.
Hohmann: Die Pseudarthrosenbehandlung. Münch. med. Wschr. 1931. S. 1483.
Israel und Fränkel: Versuche über den Einfluß der A-Vitaminose auf die Heilung von Knochenbrüchen. Klin. Wschr. 5, S. 94.
Jüngling: Pseudarthrosen im Kindesalter. Bruns' Beitr. 90, S. 649. 1914.
Kapsammer: Zur Frage der knorpligen Callusbildung. Virch. Arch. Bd. 152, S. 157.
Katzenstein: Experimentelle Erzeugung von Pseudarthrosen. Zbl. f. Chir. 1920. S. 122.
Kirschner: Der Ausgleich knöcherner Verbildungen durch Aufsplitterung des Knochens. Med. Klin. 1926. S. 1836.
— Behandlung der Pseudarthrosen. Chir. Kongr. 1923, II, S. 532.
Koch: Experimentelle Studien über Knochenregeneration und Knochencallusbildung. Bruns' Beitr. Bd. 132, S. 364.
König: Ueber Verhütung örtlich bedingter Pseudarthrosen. Arch. f. klin. Chir. 1930. Bd. 162.
Kolascek: Pseudarthrosen bei operativen Frakturen. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.
Kuhle: Erfahrungen mit dem Aufsplitterungsverfahren nach Kirschner bei Pseudarthrosen und verzögerter Callusbildung. Die Chir. Bd. 4, S. 487.
Kurtzahn: Die Röntgenstrahlen und das Radium in der Chirurgie. Die Chir. Bd. 1, S. 279. 1926.
Lexer: Ueber die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und Knochentransplantationen. Arch. f. klin. Chir. 1922. Bd. 119, S. 520.
Magnus: Zur Technik der Knochennaht. Zbl. f. Chir. 1926. Bd. 53.
— Frakturen und Luxationen. Springer, Berlin (1933).
Martin: Ueber experimentelle Pseudarthrosenbildung und die Bedeutung von Periost und Mark. Arch. f. klin. Chir. 1920. Bd. 114. S. 664.
Marx: Callusbildung und Blutkörperchensenkung. Zbl. f. Chir. 1932. Bd. 59. S. 2447.
— D-Vitamin und Callusbildung. Bruns' Beitr. Bd. 162, S. 213.
Matti: Ueber die Behandlung von Pseudarthrosen mit Spongiosatransplantation. Arch. f. orthop. Chir. 1932. Bd. 31. S. 218.
Mayer und Wehner: Neue Versuche zur Frage der Bedeutung der einzelnen Komponenten des Knochengewebes bei der Regeneration und Transplantation von Knochen. Arch. f. klin. Chir. Bd. 103. S. 732.

Meyer: Beitrag zur konservativen Behandlung der Pseudarthrosen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1922. Bd. 174. S. 278.

Mitterstiller: Zur Histologie der Pseudarthrose. Zbl. f. Chir. 1932. Bd. 59. S. 2446.

Osman: Ergebnisse der Pseudarthrosenbehandlung in der Leipziger Chirurgischen Klinik. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1927. Bd. 206.

Paas: Der Einfluß des Thyroxins auf die verzögerte Callusbildung. Zbl. f. Chir. 1932. Bd. 59. Nr. 41.

Partsch: Studien zur Knochenregeneration. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Bd. 187. S. 144.

Pauwels: Der Schenkelhalsbruch — ein mechanisches Problem. Enke, Stuttgart (1935).

— Eine neue Methode zur operativen Behandlung der Schenkelhalspseudarthrose. Zeitschr. f. orthop. Chir. Bd. 51.

Pfab: Ueber Pseudarthrosen. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1927. Bd. 101, S. 71.

Plettner: Zur Behandlung der Pseudarthrosen der Tibia bei großen Defekten mittels Resektion der Fibula. Dtsch. med. Wschr. 1890. Nr. 13.

Rabl: Knochenregeneration, Kalk, Rachitis, Tetanie. Virch. Arch. 1924. Bd. 249. S. 157.

von Redwitz: Der derzeitige Stand der Pseudarthrosenfrage. Arch. f. klin. Chir. 1933. Bd. 182, S. 649.

Rehn: Ueber Muskelzustände bei Knochenbrüchen und ihre Bedeutung für die Frakturbehandlung. Arch. f. klin. Chir. Bd. 133. S. 410.

Roegholt: Der Einfluß der A-, B-, C-, D-Vitamine und der Elemente Ca und P auf die Heilung von Knochenbrüchen. Arch. f. klin. Chir. 1932. Bd. 168. S. 138.

Rhode: Ueber den Ablauf der Regenerationsvorgänge nach Knochenverletzungen. Arch. f. klin. Chir. Bd. 123. S. 530.

Rollo: Injektionen von Kalksalzen in die Bruchstelle. Ref. im Zbl. f. Chir. 1932. S. 2446.

Schmieden: Die Behandlung der Pseudarthrose und der verzögerten Callusbildung mit Bluteinspritzung. Med. Klin. 1907. S. 197.

Schmidt: Ueber multiple Pseudarthrosen seltener Lokalisation und ihre Differentialdiagnose. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56. S. 932.

Schönbauer: Ueber Knochenregeneration. Die Chir. 1930. Bd. II, 2. S. 1538.

Sudek: Ueber chirurgische Behandlung der Pseudarthrosen. Dtsch. med. Wschr. 1917. S. 169.

Steinmann: Nagelextensionen bei Pseudarthrosen. Neue dtsch. Chir. (Bruns) 1912. Bd. I.

Stich: Aussprache: Pseudarthrosenbehandlung. Chir. Kongr. 1930.

Unger: Zur Behandlung von Pseudarthrosen. Bln. klin. Wschr. 1916. Nr. 34.

Voelcker: Pseudarthrosenbehandlung. Knochensalatoperation. Münch. med. Wschr. 1917. S. 1307.

Weinrich: Ueber chirurgische Pseudarthrosenbehandlung. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. 1917. Bd. 141. S. 289.
Wiemers: Ueber Pseudarthrosenbehandlung. Zbl. f. Chir. 1929. Bd. 56.
Willich: Experimentelles über Knochenregeneration und Pseudarthrosenbildung. Zbl. f. Chir. 1924. Nr. 48. S. 2667.
Winkelbauer: Die operative Behandlung der Pseudarthrosen. Die Chir. 1930. Bd. II, 2. S. 1840.
Wohlgemuth: Behandlung von Pseudarthrose und verzögerter Callusbildung mit Fibrin (Bergel). Med. Klin. 1922. S. 1252.
Zondek: Frakturheilung und Pseudarthrose. Dtsch. med. Wschr. 1922. Nr. 22.

Lebenslauf.

Am 7. September 1910 wurde ich, Marie-Anna Kloth, als Tochter des Gend.-Kommandanten Kloth in Juchow (Pom.) geboren. Ich besuchte das Lyzeum zu Pyritz und war anschließend ein Jahr in der Frauenschule zu Stettin. Ostern 1928 trat ich in die Obersekunda des Kaiserin-Auguste-Viktoria-Oberlyzeums zu Stettin ein und legte hier im März 1931 die Reifeprüfung ab. Dem Studium der Medizin widmete ich mich an den Universitäten Greifswald, Freiburg, Jena, Rostock und Berlin. Am 22. Dezember 1936 bestand ich die ärztliche Prüfung vor dem Prüfungsausschuß in Berlin mit dem Urteil sehr gut. Während meines praktischen Jahres war ich ausschließlich am Rudolf-Virchow-Krankenhaus in Berlin tätig. Meine Bestallung als Arzt erfolgte am 1. Januar 1938.